

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 物理科

最佳團隊合作獎

030116

布，能說的秘密-探討影響布料彈性的因素

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

|        |       |
|--------|-------|
| 作者：    | 指導老師： |
| 國二 莊壹婷 | 蔡名峯   |
| 國二 吳靖涓 | 韓顏吉   |
| 國二 林欣儀 |       |
| 國三 許起墉 |       |

關鍵詞：布料、彈性、楊氏係數

# 布，能說的秘密

## -探討影響布料彈性的因素

### 摘要

本科展旨在研究影響布料彈性優劣的原因。實驗中，為了解決布料伸長量過於微小的問題，以光學及機械原理自行設計一套精準的量測儀器(楊氏係數測量系統)，精密度約在 $10^{-4}\sim 10^{-6}\text{m}$ 。

研究發現在溫度  $20^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ ，溼度 50~55%的環境下，布料彈性受成分及編法的影響:(1)含有彈性纖維的布料，彈性較佳；(2)布料編織密度越高(單位面積的孔隙率)則彈性較差；(3)以編法為方形為例，布料在對角線方向的彈性較佳，但若是圓形編法，布料彈性在各方向上就較一致。並以棉線模擬布料編織方式，進一步驗證上述因素對布料彈性的影響。故布料編織越鬆散，布料彈性較佳，且編法會影響布料彈性的方向。即可用改變成份及編法來控制衣料的彈性大小及方向變化。這些數據結果可以提供紡織業參考。

### 壹、研究動機

布料，在人們日常生活的必需品中佔有非常重要的一席之地，截至目前為止已經有相當多的研究成果，但是許多科學家仍持續不間斷的研究，以期帶給人們更便利及舒適的生活。

前兩屆的學長曾經研究過關於布料的防水透氣性質，在國二的理化課程(康軒自然與生活科技(二上)。5-3 有機聚合物)中有提到布料的成分及特性，我們以此為出發點也想探討關於布料的性質。後來發現到布料的彈性並非是一致的，所以藉由此次科展的機會想要了解造成布料彈性差異的主因。而後來發現原來材質只是影響彈性的一個因素，還有許許多多的因素會影響布料彈性，這也激起我們想要利用此次科展的機會去釐清那些因素對布料彈性的影響程度。

### 貳、研究目的

- 一、依據光學及機械原理設計一套量測系統，能準確量測出布料伸長量的微小變化。
- 二、探討各種不同布料其受力與布料伸長量的變化是否符合虎克定律。
- 三、探討布料的成分與其楊氏係數之關係。
- 四、研究布料編織方式對彈性的影響。
- 五、探討布料受力後結構變化與布料彈性的關係。

## 參、研究設備及材料

### 一、各式器材



圖 1 自製楊氏係數量測系統



圖 2 定滑輪兩個



圖 3 數位顯微照相機



圖 4 各種材質的布料

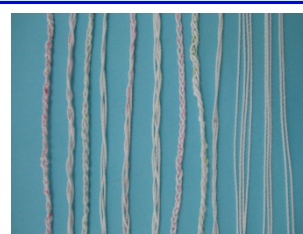


圖 5 棉線



圖 6 聲寶除濕機



圖 7 顯微鏡



圖 8 砝碼數個

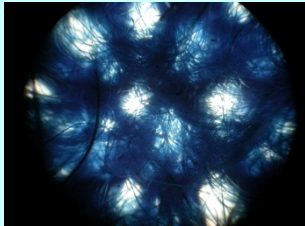
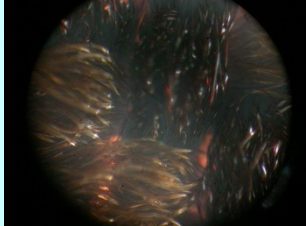
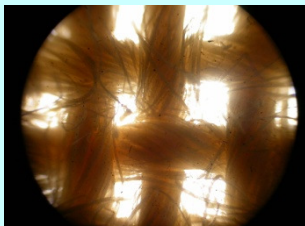
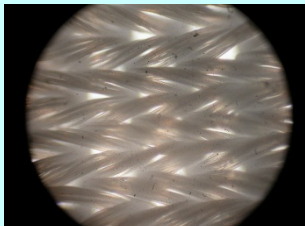
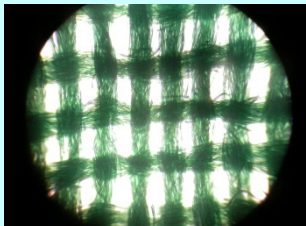
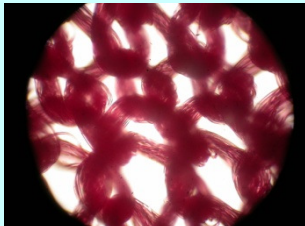
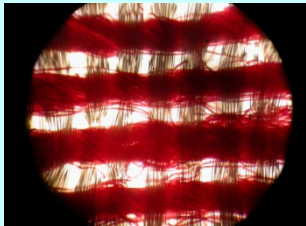


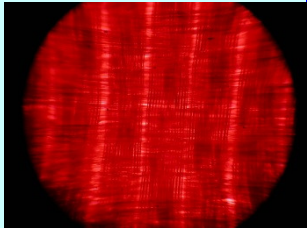
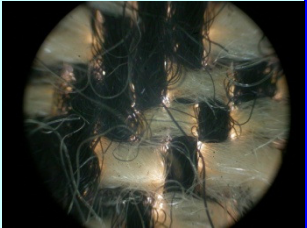
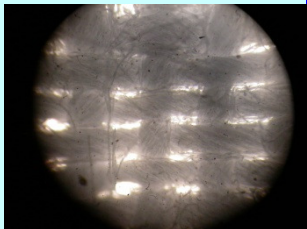
圖 9 顯微數位相機

## 二、各式布料目視及顯微照相圖

本實驗蒐集了市面上最常用的 11 款布料，成份含有棉、麻、尼龍、聚酯纖維.....等常見的纖維，其相關資料附在文後的附錄。並且根據布料的顏色、特性及成分加以命名，以方便閱讀。命名格式為：**顏色(成份)**，其中成份會以大家常用的英文代號表示。

此外，我們還將這 11 款布料做顯微照相的處理，以方便知道這些布料的編織情形。

| 目視                                                                                  | 顯微照相                                                                                | 目視                                                                                   | 顯微照相                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |    |
| 圖 10 藍黑 (W/A) (倍率 10*10)：<br>羊毛(Wool)與壓克力(Acrylic)                                  |                                                                                     | 圖 11 咖啡 (T/C) (倍率 10*15)：<br>T/C 混紡(T 是 Polyester 聚酯纖維，C 是 Cotton 棉)                 |                                                                                       |
|   |   |   |   |
| 圖 12 棉麻布 (L) (倍率 10*15)：<br>麻(Linen)                                                |                                                                                     | 圖 13 牛仔 (C) (倍率 10*15)：<br>棉(Cotton)                                                 |                                                                                       |
|  |  |  |  |
| 圖 14 白彈(Lycra) (倍率 10*15)：<br>萊克布(LYCRA)。                                           |                                                                                     | 圖 15 綠 (T) (倍率 10*15)：<br>聚酯纖維(Polyester)                                            |                                                                                       |
|  |  |  |  |
| 圖 16 粉紅(T/R) (倍率 10*15)：<br>聚酯纖維(Polyester)+ 螺縐(Rayon)                              |                                                                                     | 圖 17 絲(N/TR) (倍率 10*15)<br>尼龍(Nylon)+ TR65%Polyester+35%Rayon                        |                                                                                       |

|                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| <p>圖 18 彩帶(N) (倍率 10*15) :<br/>尼龍(Nylon)</p>                                      |                                                                                   | <p>圖 19 黑白格子(C) (倍率 10*15) :<br/>棉(Cotton)</p>                                     |                                                                                     |
|  |  |                                                                                    |                                                                                     |
| <p>圖 20 白棉(C) (倍率 10*15) :<br/>棉(Cotton)</p>                                      |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |

## 肆、研究原理與實驗方法

### 一、研究原理

#### (一) 楊氏係數量測系統：

##### 楊氏係數：

彈性體的變化我們用 "應變"(strain)來表示,而我們所施加於物體的力則以 "應力"(stress)來表示,沿力方向的應變定義為 $\frac{\Delta L}{L}$ ,應力定義為 $\frac{F}{A}$ ,其中 $L$ 為原長度, $\Delta L$ 為其長度變化量, $A$ 是受力面積。彈性體的特性是應變和應力成正比(可看成是較廣義的虎克定律),即

$$\frac{F}{A} = Y \times \frac{\Delta L}{L}$$

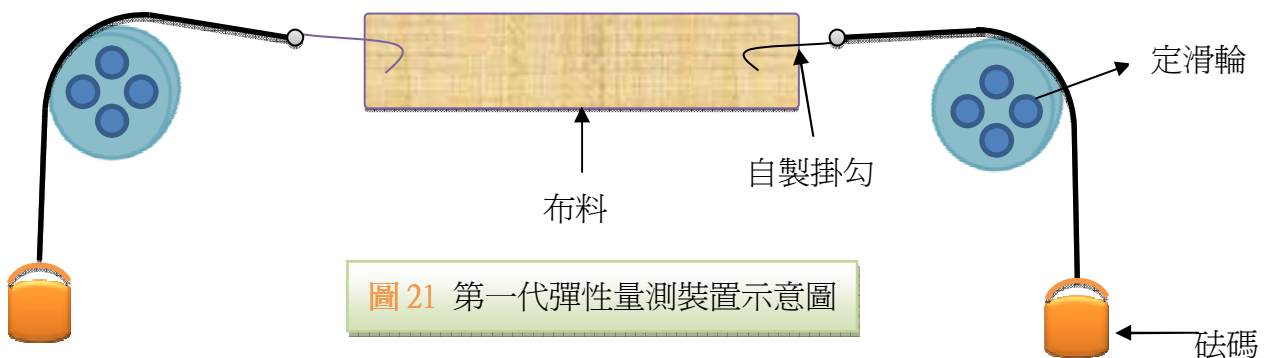
比例常數 $Y$ 和彈性體的特性有關,我們稱為楊氏係數(Young's Modulus)。

另外可知 $\frac{F}{\Delta L} = Y \times \frac{A}{L} = K$  其中 $K$ 為彈性係數且正比於 $A$ 及 $1/L$ 。

設計圖：

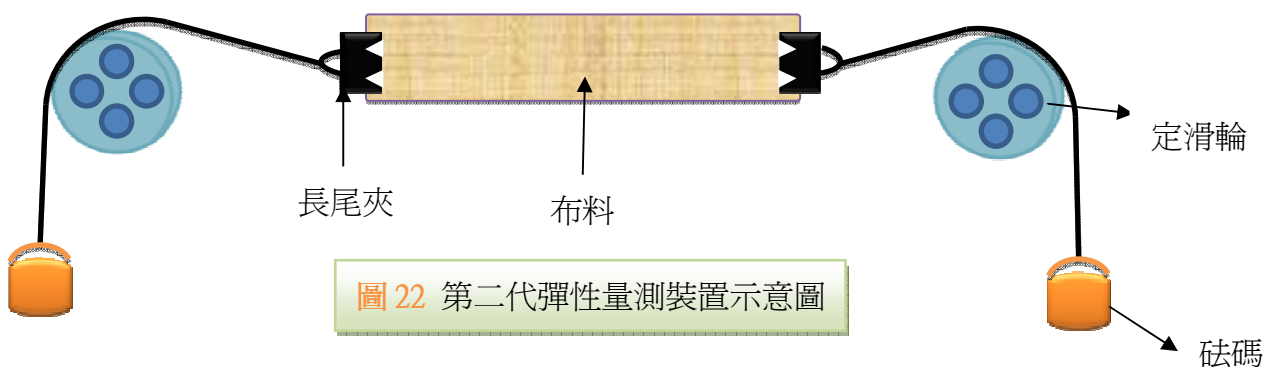
(第一代) 設計原理：在布的兩端用掛鉤勾住，然後接上砝碼，再用尺測量布料長度的變化。

缺點：受力不均勻，而且在測量布料伸長量微小變化時，無法精密量出。



(第二代) 設計原理：改良第一代儀器受力不均勻的問題，在布料兩端改以夾子取代鉤子。

缺點：測量布料伸長量微小變化時，仍舊無法精密量出。



(第三代) 設計原理：利用光槓桿原理設計一套楊氏係數量測系統

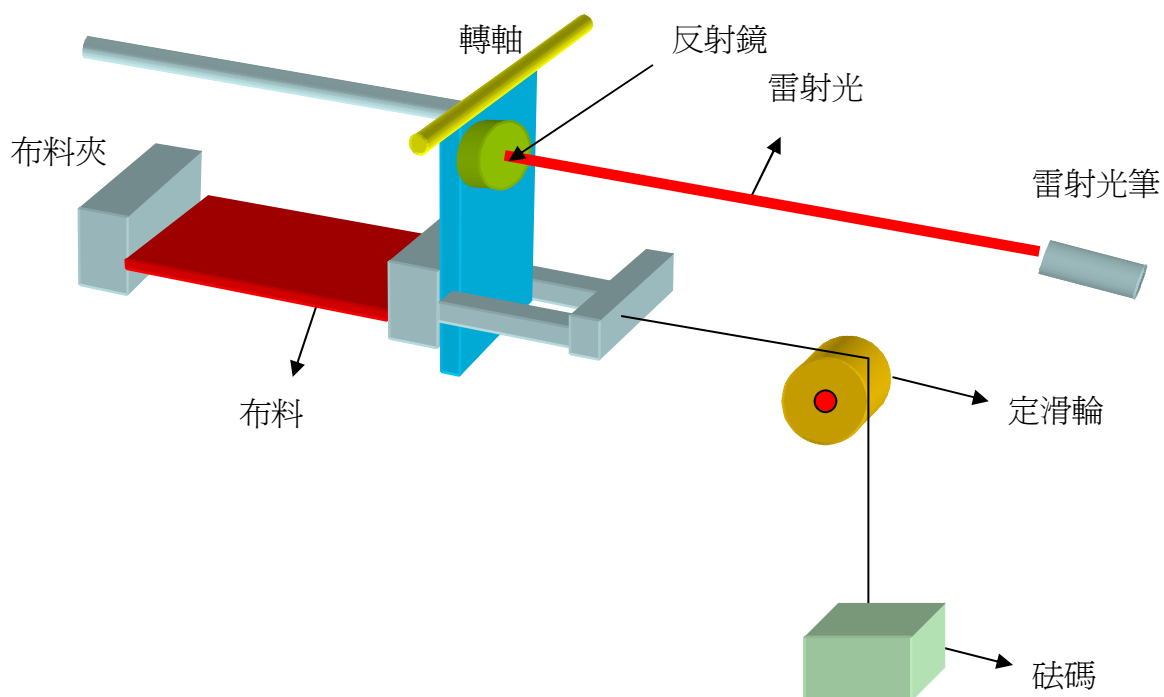
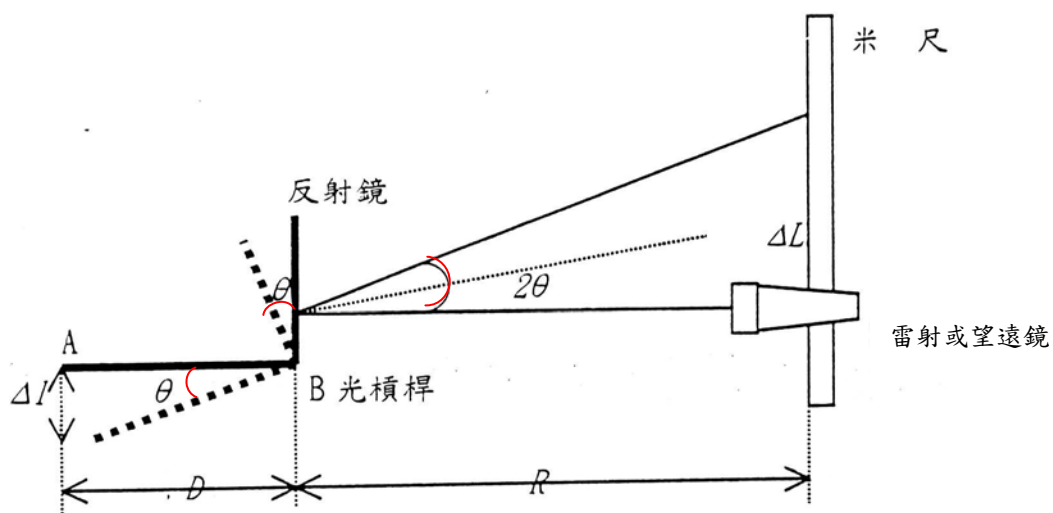


圖 23 第三代楊氏係數量測系統儀器設計圖 (最初構想)

當布料伸長  $\Delta L$ ，反射鏡偏轉  $\theta$  角，而反射光將換偏轉  $2\theta$  角，再利用簡單的幾何計算，便可推求出  $\Delta L$  之大小。



光槓桿原理

圖 24 應用光槓桿原理測量布料伸長量解說圖

當  $\theta$  角很小時， $\Delta l = D \times \theta$ ， $\Delta L = R \times 2\theta$ ，由此可得  $\Delta L = \frac{D \times \Delta l}{2R}$ 。

$\Delta l$ ：布料伸長量       $\Delta L$ ：反射光偏移量  $D$ ：布料距反射鏡距離  
 $\theta$ ：反射鏡偏轉角度       $R$ ：光源距反射鏡之距離

考量實際儀器製作的技術，改用下列儀器設計圖。

優點在於雷射光不須經由反射，因此投射在布幕上比較清晰；而放大倍率沒有多大的差異。

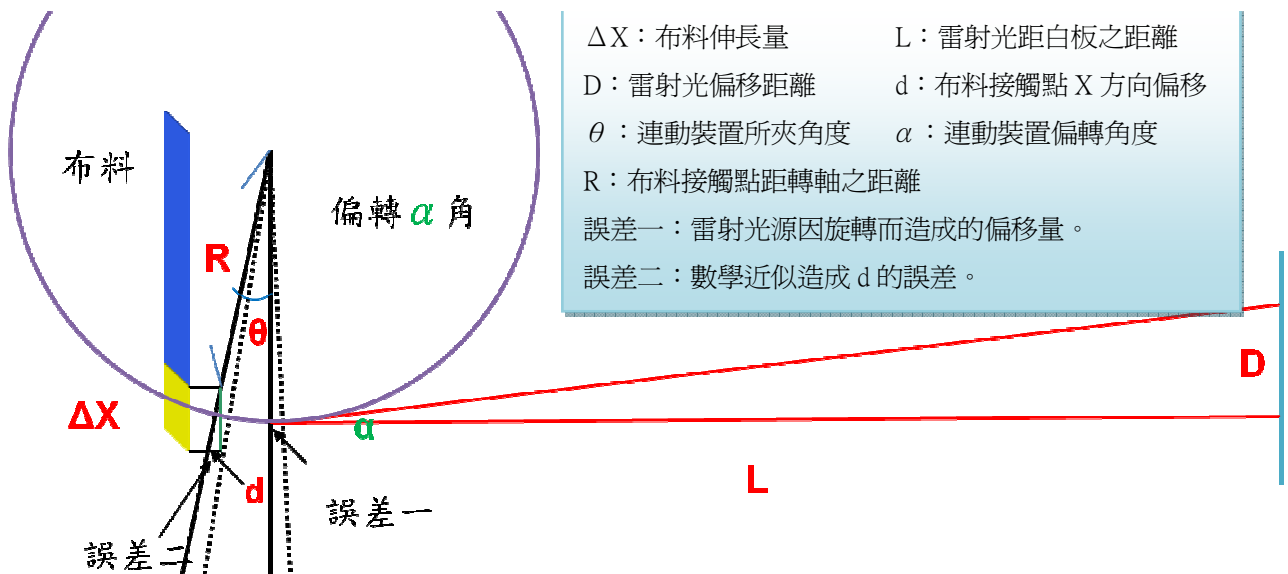


圖 25 自製楊氏係數測量系統原理說明圖

假設伸長量  $\Delta X$  及偏轉角度  $\alpha$  角極小為先決條件來推算

$(R + \Delta X) \times \alpha = d \dots (1)$  若只用  $R \times \alpha = d$  誤差二會太大

$L \times \alpha = D \dots (2)$   $L$  為 410 cm 時，誤差一約為 0.1%

$(1)/(2) \rightarrow d = ((R + \Delta X)D)/L$

$\rightarrow \Delta X = d/\tan\theta = (R + \Delta X)D/(L \times \tan\theta)$

$\rightarrow \Delta X = (D \times R)/(L \times \tan\theta - D)$

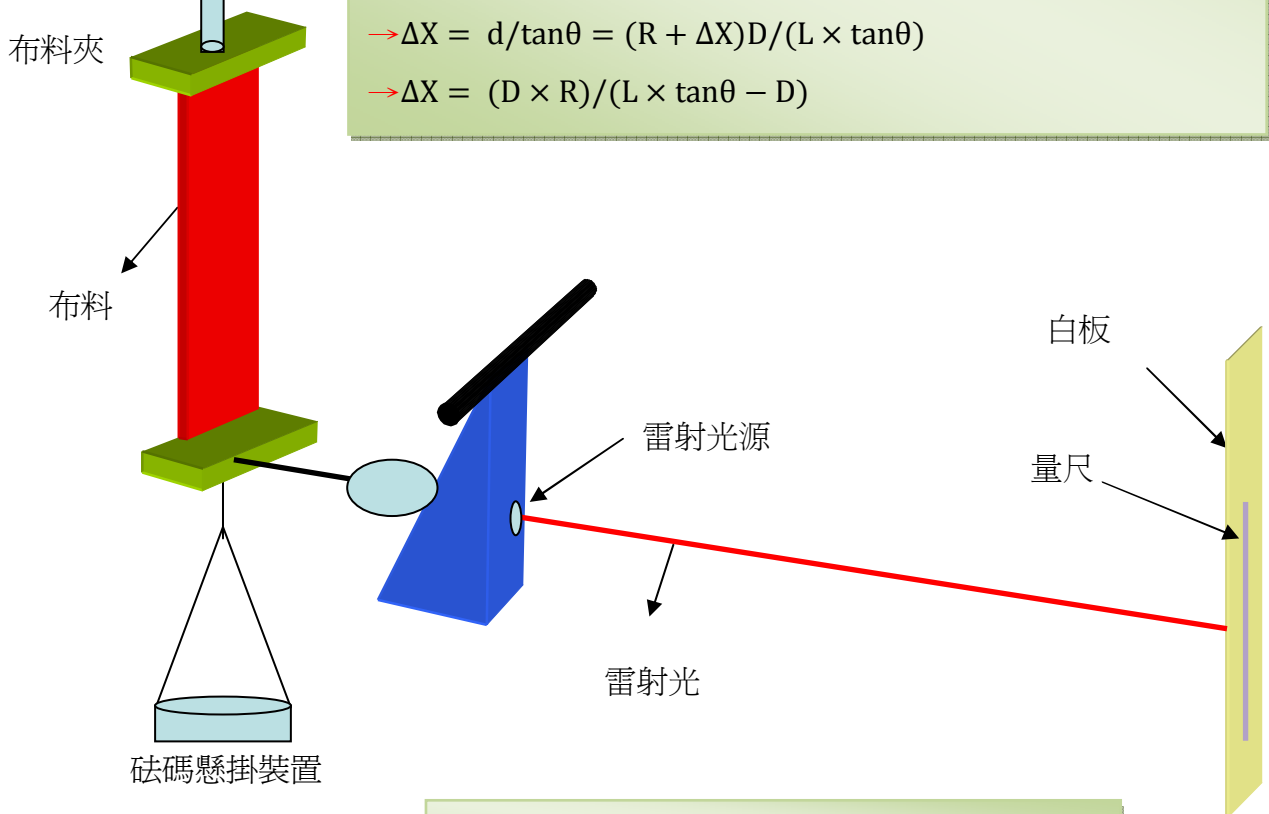


圖 26 自製楊氏係數測量系統最終裝置圖

## 楊氏係數量測裝置

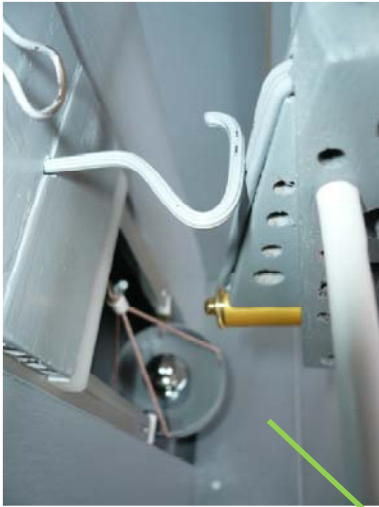


圖 27-2  
雷射光發射連動裝置。利用機械與光學原理連動而設計成的。



圖 27-4  
微調裝置，藉由旋緊此一裝置來微調布料高低，來控制雷射光位於初始零點。

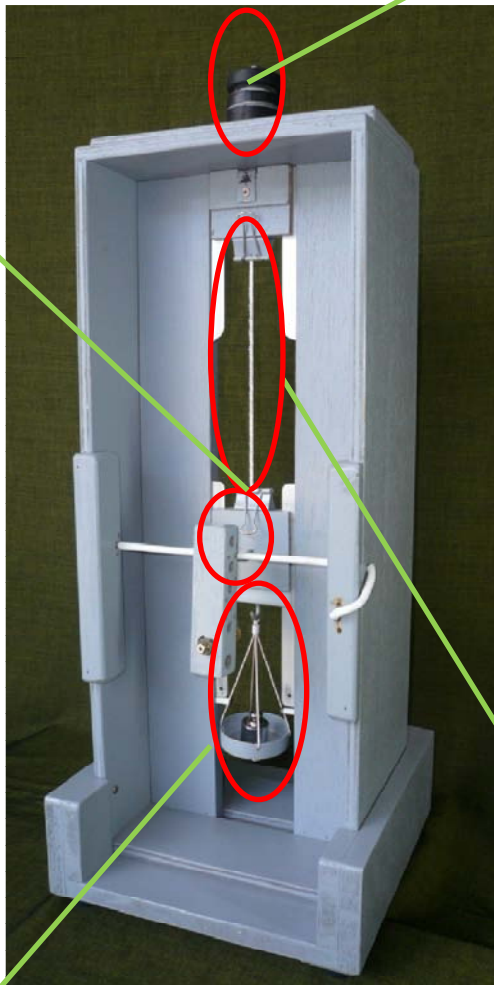


圖 27-1  
裝置主體



圖 27-3  
砝碼懸掛裝置及雷射光源。

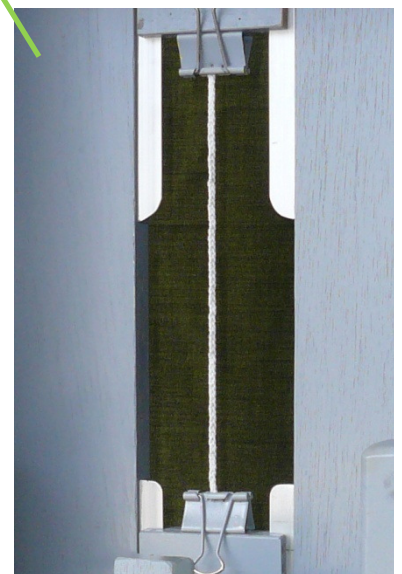


圖 27-5  
布料夾緊裝置

## (二) 顯微照相技術

步驟一



圖 28-1



圖 28-2



圖 28-3



圖 28-4

將 CCD 顯微攝影之目鏡旋入專用的數位相機

步驟二



圖 28-5



圖 28-6



圖 28-7

將目鏡插入鏡筒

步驟三



圖 28-8

打開數位相機



圖 28-9

步驟四



圖 28-10

顯微照相裝置架設完成



圖 28-11

步驟五



圖 28-12



圖 28-13

製上欲拍攝之布料，進行實驗。

## 二、實驗步驟

### 環境變因控制：

控制環境溫度及濕度，因為高分子聚合物特性，溫低變得硬脆，溫高變得柔軟。許多高分子的拉伸性質對溫度是非常敏感的，如拉伸強度及拉伸彈性係數會因試驗溫度的升高而下降，但伸長量卻會隨之增加。另一方面高分子結構中的羥、氨基等，對水的親和力格外強。水對高分子的增塑作用，便順理成章地成了濕度對高分子物性影響的主因。因此實驗的地點選在具有中央空調及除濕機的會議室，將室溫控制在 20℃~24℃，溼度在 50%~55%之間，以減少實驗的環境誤差。

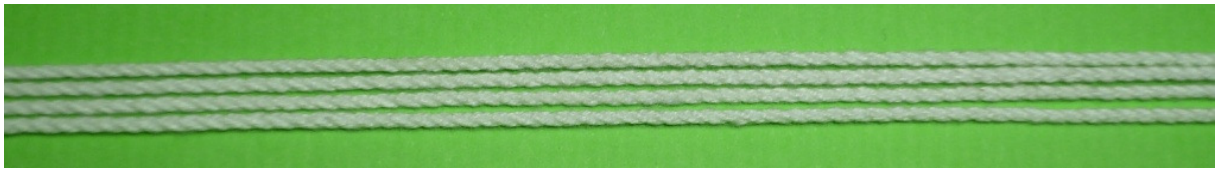
此外，布料在懸掛砝碼後，其伸長量的變化並不會馬上顯現，因此每次測量時大約等待 1 分鐘，等平衡後才量取布料的伸長量。

#### (一) 實驗一：量測各種布料的楊氏係數

- 1、剪裁適當的布料大小，分別為長 20cm 及 15cm 和寬 3cm 及 2cm 共組合成四種不同規格的布料。
- 2、使用游標尺測量布料的厚度(依需求將布料重疊)。
- 3、將布料製於自製楊氏係數量測系統上(如圖 27 所示)，並依序增加砝碼重量 50gw、100gw、150gw、200 gw、250 gw、300 gw、350gw。
- 4、量取雷射光投射在白板上的變化，並紀錄之。重複測量五次取平均值。
- 5、考量布料彈性過大，會造成自製楊氏係數量測系統的誤差過大，因此改以第二代量測系統來量取布料受力後的伸長量，且依序懸掛砝碼重量 10gw、20gw、30gw、40 gw、50 gw、60 gw、70gw、80gw、90gw、100gw。並重複實驗五次取平均。

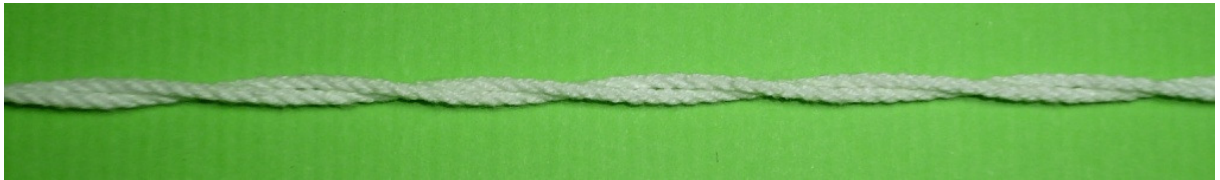
#### (二) 實驗二：探討布料編織方法對布料彈性的影響

- 1、取彈性較佳的三款布料，白彈(Lycra)、粉紅(T/R)及藍黑(W/A)來做研究，分別依編織紋路將布料剪裁成與施力方向夾 0°、45°及 90°角，且長 20 cm 寬 3 cm。
- 2、測量步驟一所剪裁布料受力後，隨受力變化的伸長量變化。
- 3、以棉線來探討編織方法對布料彈性的影響。
- 4、分別測量 1 條~4 條棉線的彈性係數，其編織方法如圖 29-1。
- 5、變更編織方式(8 字型)如圖 29-2，依序改變棉線的數目 2~4 條及在 20cm 內的棉線交叉旋轉次數(分為旋轉 20 圈及 30 圈)，並量測其彈性係數。
- 6、變更編織方式(辮子式)如圖 29-3，依序改變棉線的數目(3 條及 4 條)及編織的鬆緊程度(鬆：每公分棉線交叉 2 次，緊：每公分棉線交叉 5 次)，並量測其彈性係數。
- 7、以菱形式編織如圖 29-4，改變棉線的數目(4 條及 5 條)，並量測其彈性係數。



**圖 29-1 平行編織的棉線**

多數布料的編織方式，例如：綠 (T)、棉麻布 (L)、彩帶(N)、絲(N/TR).....等。



**圖 29-2 8 字式的編織方式**

簡單編法，可用來觀察布料經過編織後其彈性的變化。



**圖 29-3 辮子式的編織方式**

此編織方式近似於白彈(Lycra)這款布料的編法。



**圖 29-4 菱形式的編織方式**

此編織方式近似於粉紅(T/R)這款布料的編法。

### (三) 實驗三：利用顯微鏡觀察布料受力後之變化

- 1、架設顯微照相的儀器(如圖 28-10)。
- 2、選擇白彈(Lycra)、粉紅布(T/R)及藍黑(W/A)三種較易伸長的布料來觀察。
- 3、放上布料，調整適當的倍率(10\*15)及(10\*10)。
- 4、在長 20cm 寬 3cm 的布料兩端依序加上 20gw、40gw、60gw、80gw、100gw 及 120gw 的砝碼，觀察布料受力後的變化，並拍攝記錄之。

## 伍、研究結果

### 實驗一：量測各種布料的楊氏係數

本項實驗主要是去測量各種款式布料的楊氏系數，依序增加布料的懸掛砝碼重，然後測量布料相對的伸長量，接著畫成懸掛砝碼重-布料伸長量關係圖(如圖 30-1)，然後藉由線性分析的技巧求得彈性係數(如圖 30-4)，並算出該布料的楊氏系數。且從關係圖的趨勢上我們可以去探討造成布料彈性變化的原因，由此找出影響布料彈性的因素。

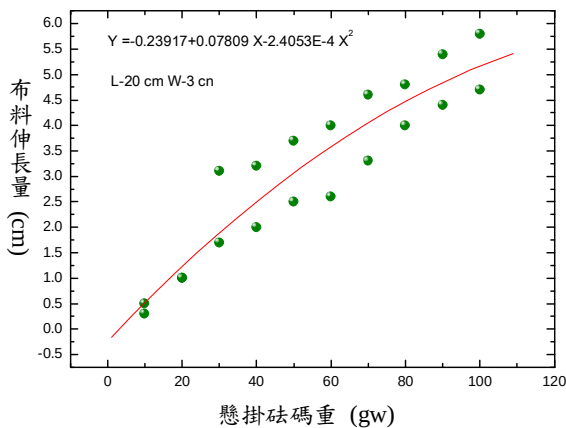


圖 30-1 藍黑(W/A)長 20cm、寬 3cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

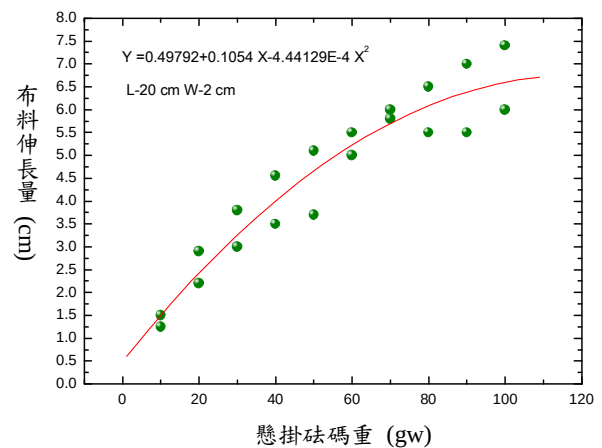


圖 30-2 藍黑(W/A)長 20cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

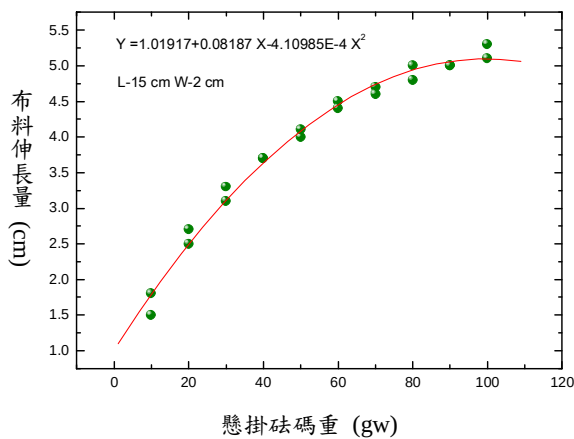


圖 30-3 藍黑(W/A)長 15cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

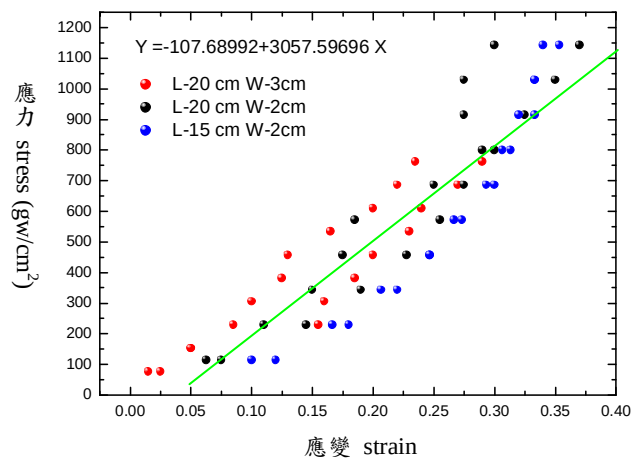


圖 30-4 藍黑(W/A)此布料應力與應變的關係圖。

圖 30-1~圖 30-3 分別為藍黑(W/A)受到不同大小之力所產生長度變化的關係圖，此外將這些數據處理畫出應力-應變的關係圖如圖 30-4 所示，並經由線性分析後可以求得楊氏係數約為  $0.306 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。而且由這一系列關係圖可以看出藍黑(W/A)受力後的變化在應變較小處仍舊符合虎克定律。(註:布料厚度為 0.438 mm)

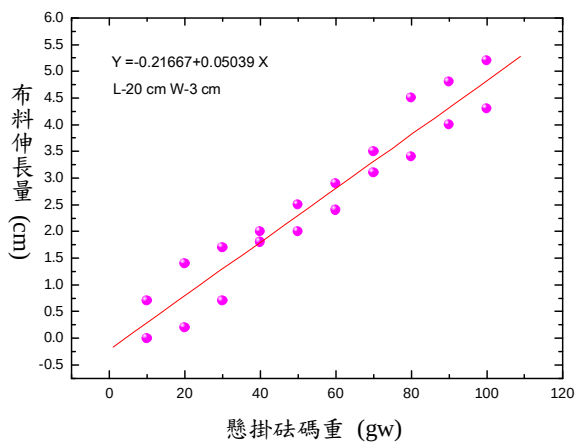


圖 31-1 白彈(Lycra)長 20cm、寬 3cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

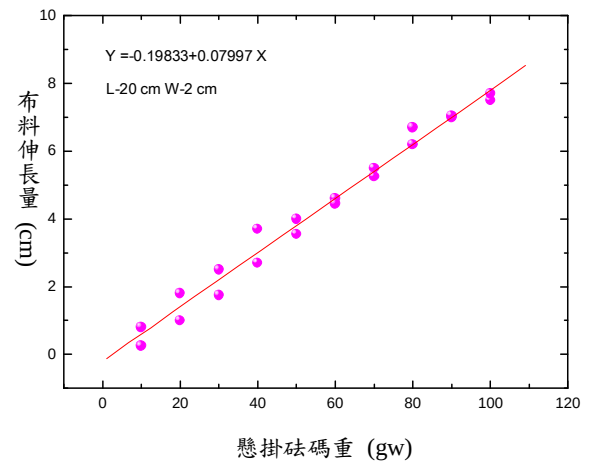


圖 31-2 白彈(Lycra)長 20cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

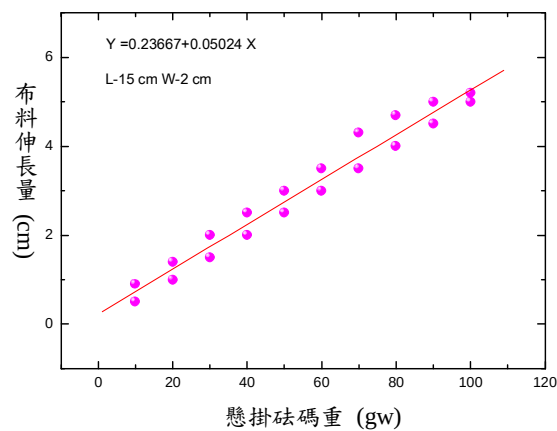


圖 31-3 白彈(Lycra)長 15cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

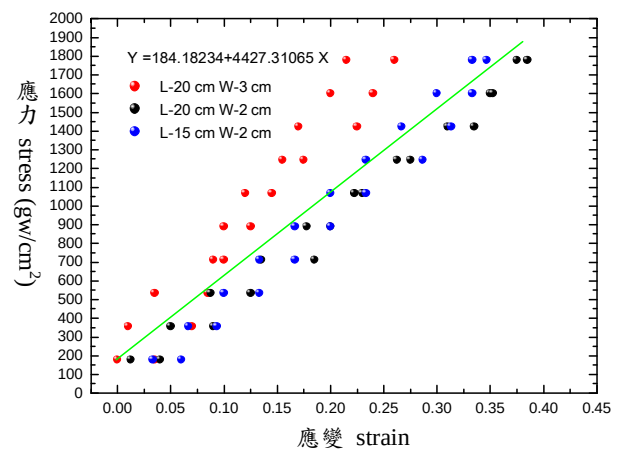


圖 31-4 白彈(Lycra)此布料應 力與應變的關係圖。

圖 31-1~圖 31-3 分別為白彈(Lycra)這款布料受到不同大小之力所產生長度變化的關係圖，此外將這些數據處理畫出應力-應變的關係圖如圖 31-4 所示，並經由線性分析後可以求得大概的楊氏係數約為  $0.443 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。而由這一系列關係圖可以看出白彈(Lycra)受力後的變化較符合虎克定律。(註:布料厚度為 0.188 mm)

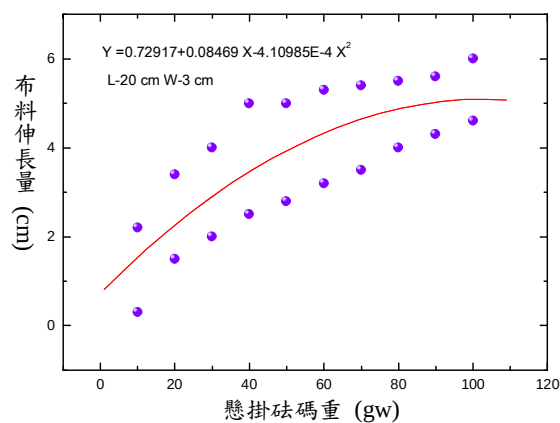


圖 32-1 粉紅(T/R)長 20cm、寬 3cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

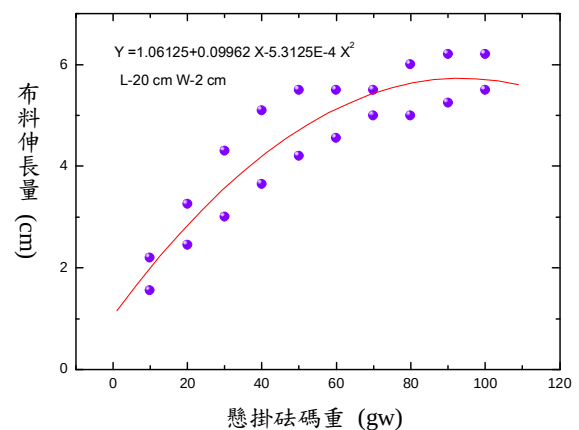


圖 32-2 粉紅(T/R)長 20cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

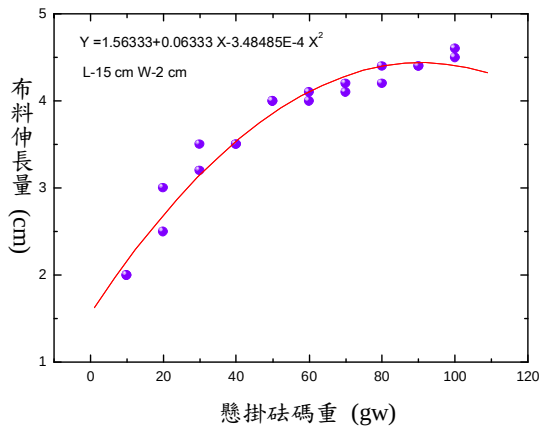


圖 32-3 粉紅(T/R)長 15cm、寬 2cm 布料伸長量與懸掛砝碼重的關係圖。

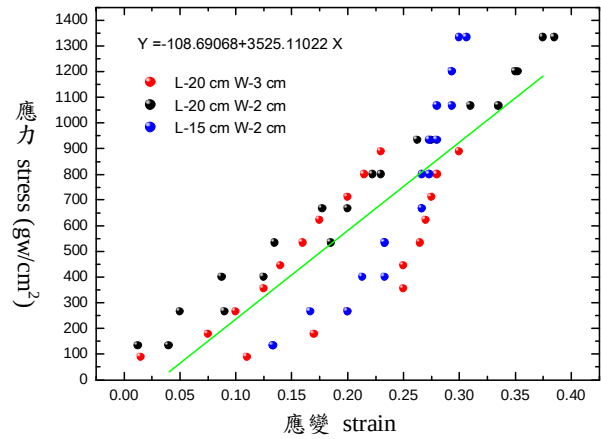
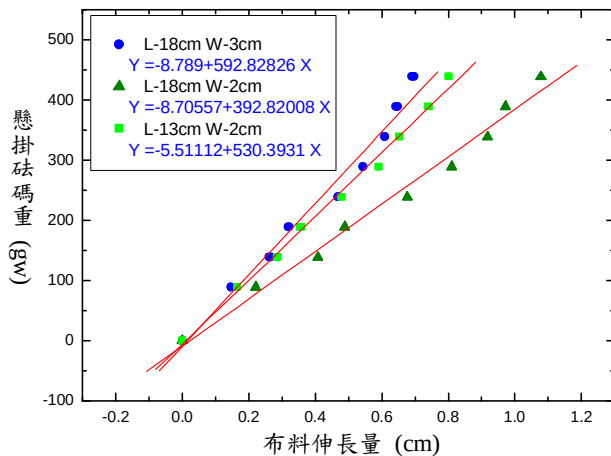


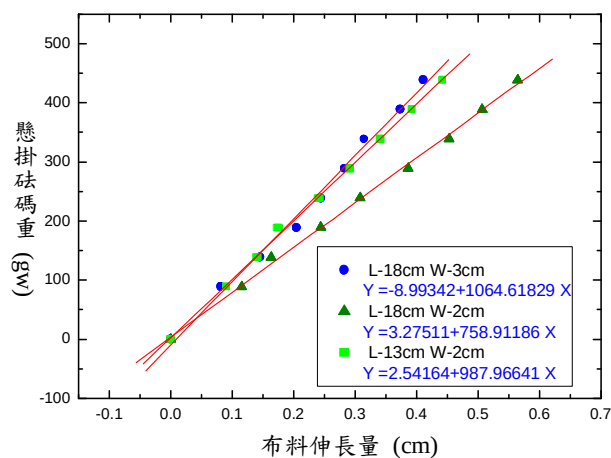
圖 32-4 粉紅(T/R))此布料應力與應變的關係圖。

圖 32-1~圖 32-3 分別為粉紅(T/R)受到不同大小之力所產生長度變化的關係圖，此外將這些數據處理畫出應力-應變的關係圖如圖 32-4 所示，並經由線性分析後可以求得大概的楊氏係數約為  $0.352 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。而且由這一系列關係圖可以看出粉紅(T/R)受力後的變化較不符合虎克定律。(註:布料厚度為 0.375mm)



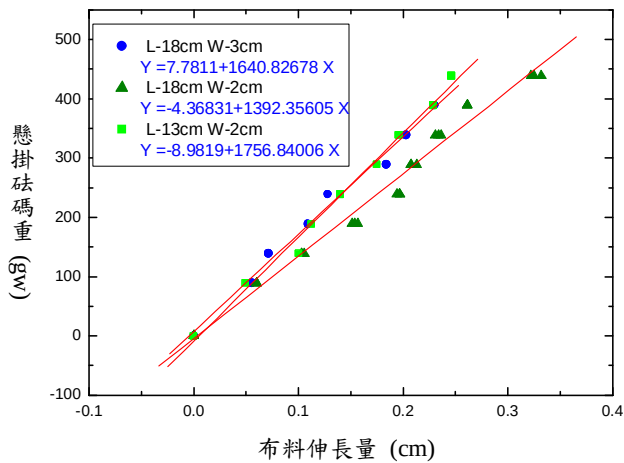
| 分析係數  | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| 592.8 | 18.0       | 3.0        | 0.36       | $9.81 \times 10^4$            |
| 392.8 | 18.0       | 2.0        | 0.36       | $9.75 \times 10^4$            |
| 530.3 | 13.0       | 2.0        | 0.36       | $9.51 \times 10^4$            |
| 平均    |            |            |            | $9.69 \times 10^4$            |

圖 33 為咖啡(T/C)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $9.69 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。



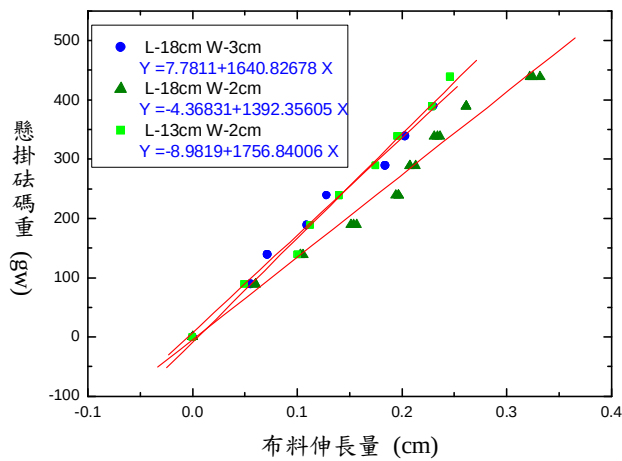
| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| 1064.6 | 18.0       | 3.0        | 0.5        | $12.7 \times 10^4$            |
| 758.9  | 18.0       | 2.0        | 0.5        | $13.6 \times 10^4$            |
| 987.9  | 13.0       | 2.0        | 0.5        | $12.8 \times 10^4$            |
| 平均     |            |            |            | $13.1 \times 10^4$            |

圖 34 為棉麻布(L)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $13.1 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。



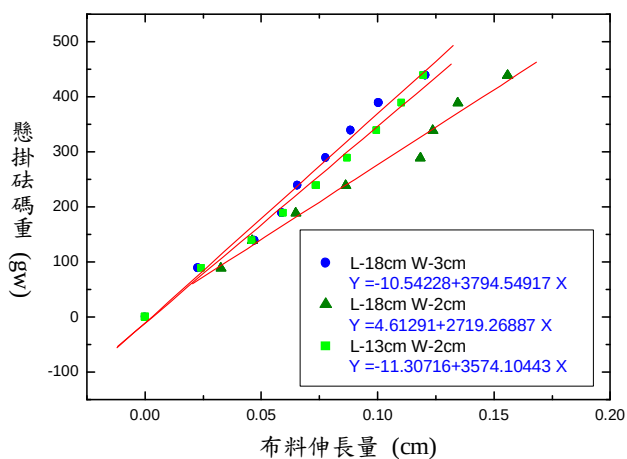
| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> )        |
|--------|------------|------------|------------|--------------------------------------|
| 1640.8 | 18.0       | 3.0        | 0.55       | $17.8 \times 10^4$                   |
| 1392.3 | 18.0       | 2.0        | 0.55       | $22.7 \times 10^4$                   |
| 1756.8 | 13.0       | 2.0        | 0.55       | $20.7 \times 10^4$                   |
| 平均     |            |            |            | <b><math>20.5 \times 10^4</math></b> |

圖 35 分別為牛仔(C)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $20.5 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。



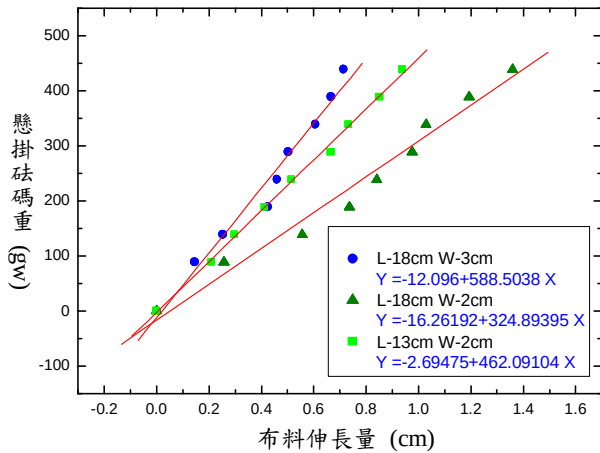
| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> )         |
|--------|------------|------------|------------|---------------------------------------|
| 1891.2 | 18.0       | 3.0        | 0.119      | $95.5 \times 10^4$                    |
| 1534.8 | 18.0       | 2.0        | 0.119      | $116.3 \times 10^4$                   |
| 1895.4 | 13.0       | 2.0        | 0.119      | $103.7 \times 10^4$                   |
| 平均     |            |            |            | <b><math>105.2 \times 10^4</math></b> |

圖 36 分別為白棉(C)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $105.2 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。



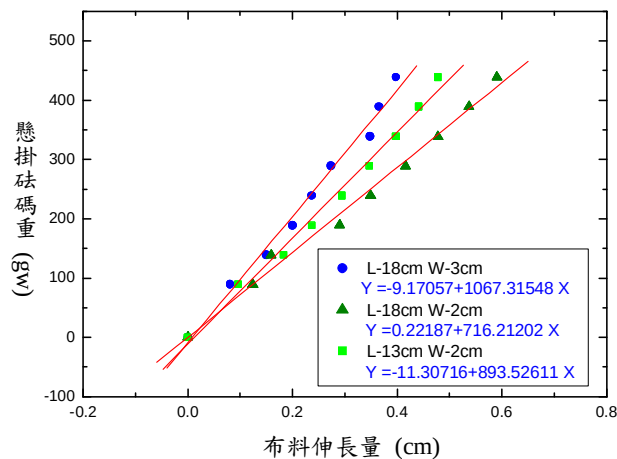
| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> )         |
|--------|------------|------------|------------|---------------------------------------|
| 3794.5 | 18         | 3          | 0.112      | $202.4 \times 10^4$                   |
| 2719.2 | 18         | 2          | 0.112      | $217.5 \times 10^4$                   |
| 3574.1 | 13         | 2          | 0.112      | $206.5 \times 10^4$                   |
| 平均     |            |            |            | <b><math>208.9 \times 10^4</math></b> |

圖 37 分別為彩帶(N)這款布料受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $208.9 \times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ 。



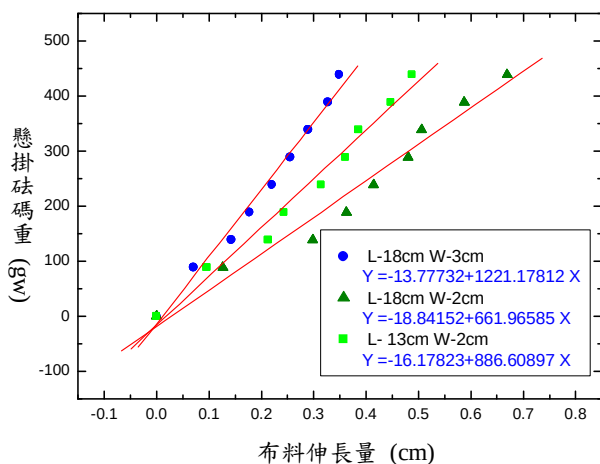
| 分析係數  | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| 588.5 | 18         | 3          | 0.094      | $37.6 \times 10^4$            |
| 324.3 | 18         | 2          | 0.094      | $31.1 \times 10^4$            |
| 426.0 | 13         | 2          | 0.094      | $29.5 \times 10^4$            |
| 平均    |            |            |            | $32.8 \times 10^4$            |

圖 38 分別為絲(N/TR)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $32.8 \times 10^4$  gw/cm<sup>2</sup>。



| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數<br>(gw/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| 1067.3 | 18         | 3          | 0.488      | $13.1 \times 10^4$            |
| 716.2  | 18         | 2          | 0.488      | $13.2 \times 10^4$            |
| 893.5  | 13         | 2          | 0.488      | $11.9 \times 10^4$            |
| 平均     |            |            |            | $12.8 \times 10^4$            |

圖 39 分別為黑白格子(C)受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $12.8 \times 10^4$  gw/cm<sup>2</sup>。



| 分析係數   | 原長<br>(cm) | 寬度<br>(cm) | 厚度<br>(mm) | 楊氏係數(gw/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|------------|------------|---------------------------|
| 1221.1 | 18         | 3          | 0.738      | $9.94 \times 10^4$        |
| 661.9  | 18         | 2          | 0.738      | $8.08 \times 10^4$        |
| 886.6  | 13         | 2          | 0.738      | $7.81 \times 10^4$        |
| 平均     |            |            |            | $8.61 \times 10^4$        |

圖 40 分別為綠(T)這款布料受力後所產生長度變化的關係圖，可以發現到受力與伸長量呈簡單的線性關係，且經由計算後可以求得楊氏係數約為  $8.61 \times 10^4$  gw/cm<sup>2</sup>。

將上述各款布料所求得的楊氏係數，整理成表 1，其中可以發現到以白彈(Lycra)、粉紅(T/R)及藍黑(W/A)三款布料彈性較佳，而以彩帶(N)的彈性較差。接下來實驗二，將嘗試著去找出影響布料彈性的因素。

表 1 各式布料楊氏係數表

| 布料<br>(成分)                                | 藍黑<br>(W/A) | 白彈<br>(Lycra) | 粉紅<br>(T/R) | 咖啡<br>(T/C) | 棉麻布<br>(L) | 牛仔<br>(C) |
|-------------------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 楊氏係數<br>( $\times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ ) | 0.306       | 0.443         | 0.352       | 9.69        | 13.1       | 20.5      |
| 布料<br>(成分)                                | 白棉<br>(C)   | 彩帶<br>(N)     | 絲<br>(N/TR) | 黑白格子<br>(C) | 綠<br>(T)   |           |
| 楊氏係數<br>( $\times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ ) | 105.2       | 208.9         | 32.8        | 12.8        | 8.61       |           |

### 實驗二：探討布料編織方法對布料彈性的影響

在實驗一中，量到各式布料的楊氏係數，經由與老師的討論，認為布料的彈性與編織的方法有極密切的關係，因此在實驗二中，我們將針對彈性較佳的三款布料作進一步的研究。

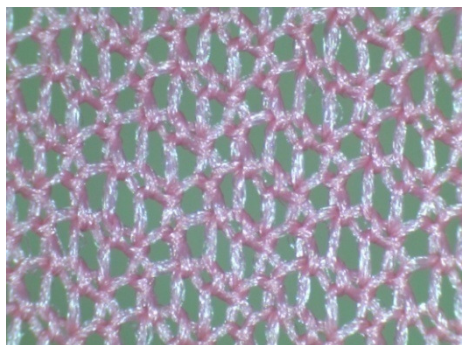


圖 41 粉紅(T/R)布料的顯微照相圖。

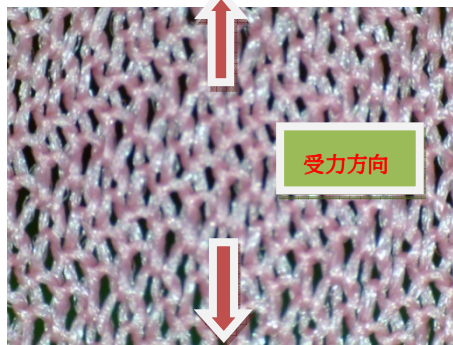


圖 42 粉紅(T/R)布料受力後的顯微照相圖。

由數次拍照的攝影情形發現，粉紅布受力後，結構的變化都很一致。

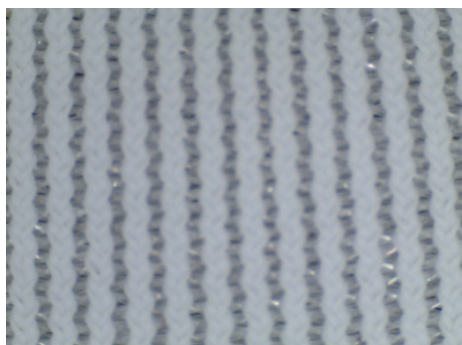


圖 43 白彈(Lycra)正面的顯微照相圖。

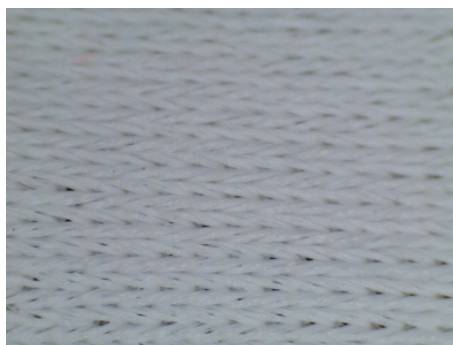


圖 44 白彈(Lycra)背面的顯微照相圖。

我們發現白彈(Lycra)的彈性是由正反面兩種不同的經緯線所構成的，必須實際測量才能了解此結構對彈性的影響。

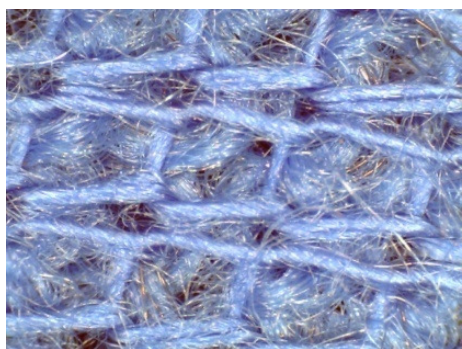


圖 45 藍黑(W/A)布料的顯微照相圖

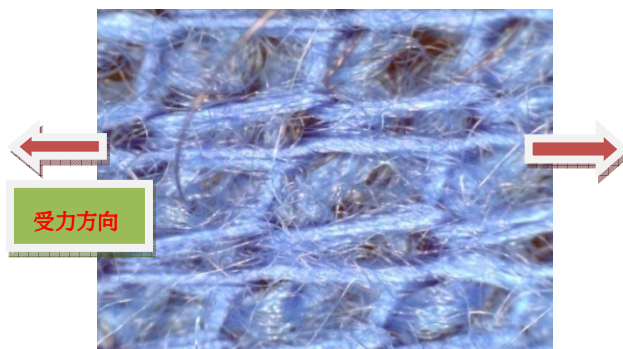


圖 46 藍黑(W/A)布料受力後的顯微照相圖

藍黑(W/A)布料其結構較接近方形，因此可以用來探討布料結構對彈性的影響。

### 藍黑 (W/A)

首先必須定義布料編織方向與施力方向，(1)布料條紋與施力方向垂直；(2)布料條紋與施力方向平行；(3)布料條紋與施力方向夾  $45^\circ$  角。

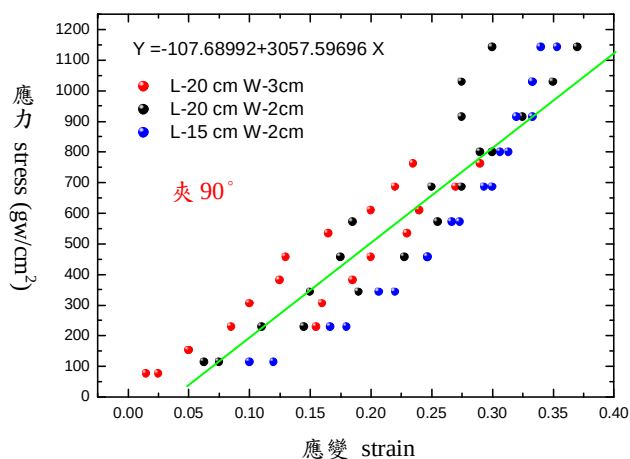


圖 47-1

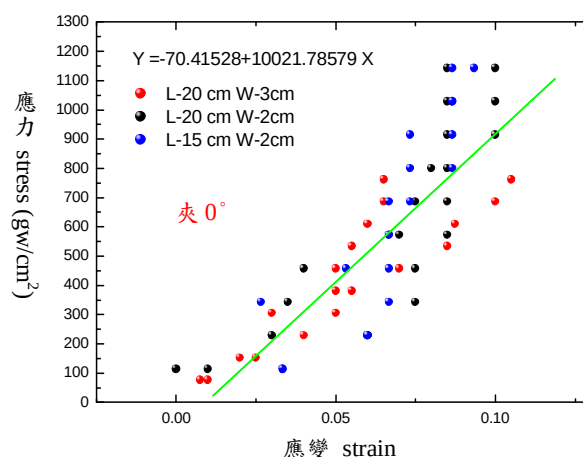


圖 47-2

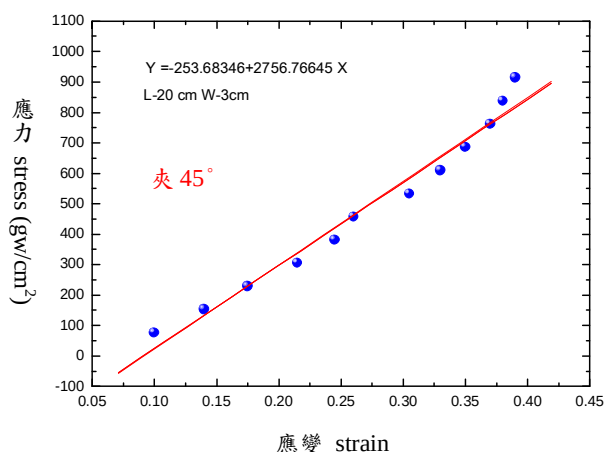
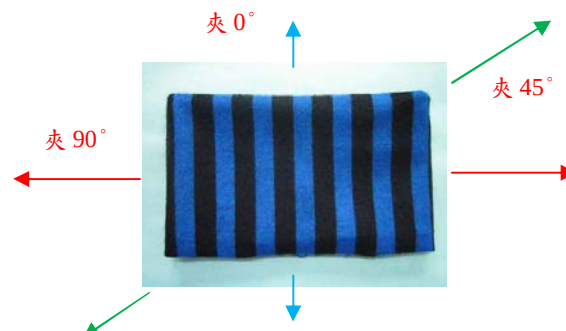


圖 47-3



| 所夾角度                                  | 90°   | 45°   | 0°    |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|
| 楊氏係數( $\times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ ) | 0.306 | 0.276 | 1.002 |

由圖 47-1~47-3 的結果發現，施力與藍黑(W/A)條紋所夾的角度不同，會得到相異的楊氏係數，中以夾  $45^\circ$  角所得到的楊式係數最小。

## 白彈(Lycra)

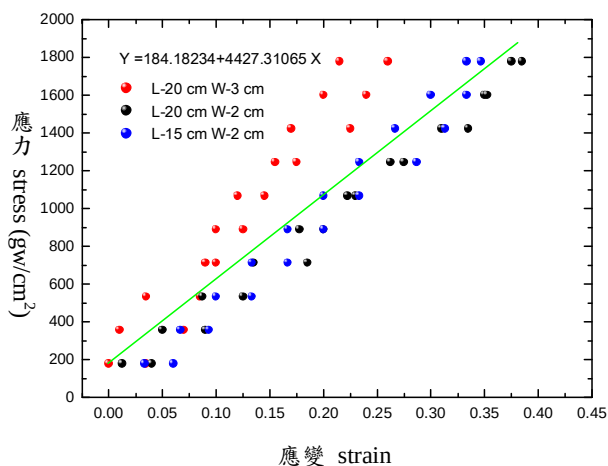


圖 48-1

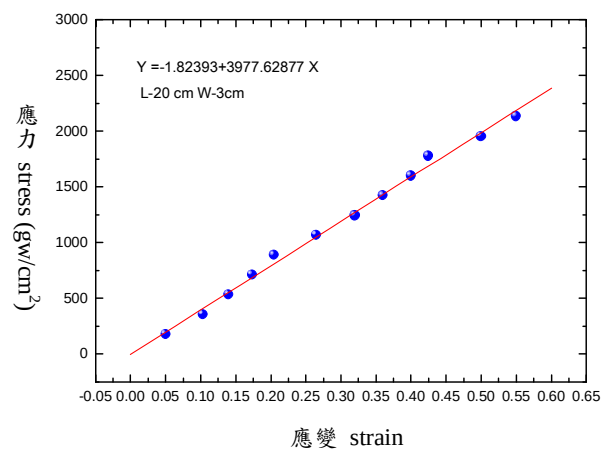


圖 48-2

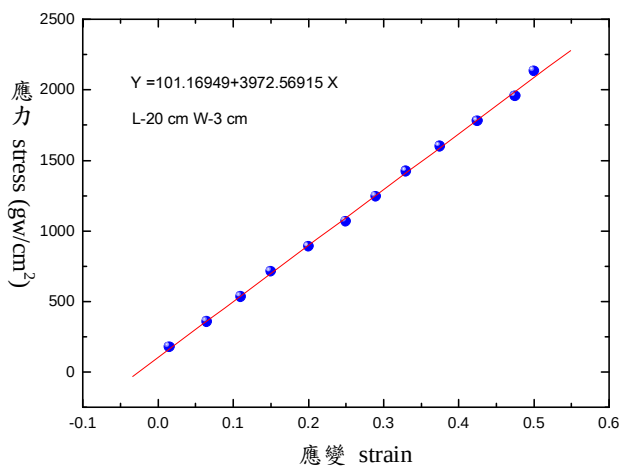
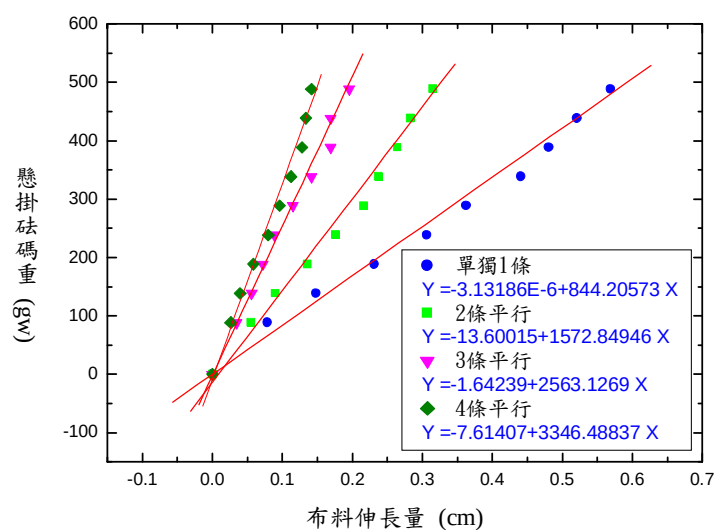


圖 48-3

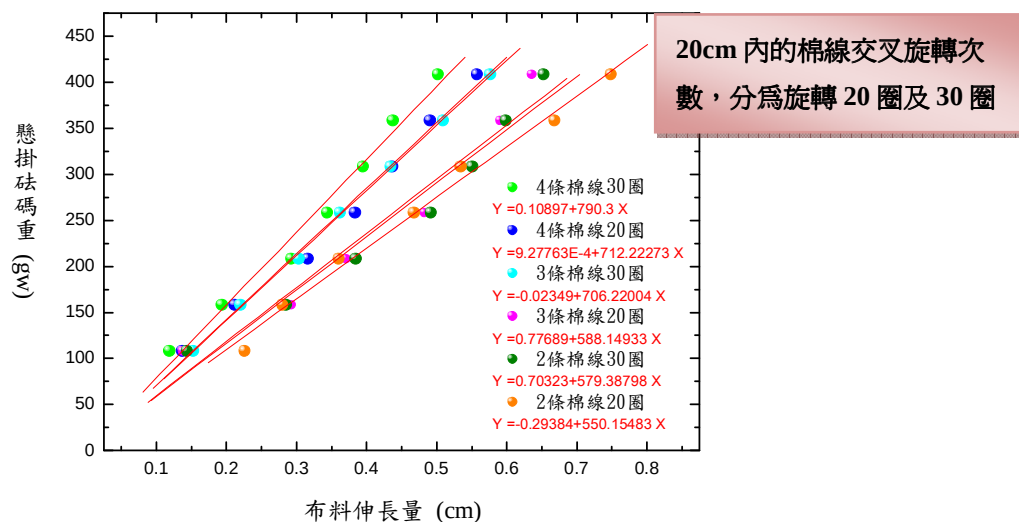
| 所夾角度                                     | 0°    | 45°   | 90°   |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|
| 楊氏係數( $\times 10^4$ gw/cm <sup>2</sup> ) | 0.442 | 0.398 | 0.397 |

由圖 48-1~48-3 發現，施力與白彈(Lycra)條紋夾 0°、90°及 45°角，其楊氏係數沒有明顯差異。

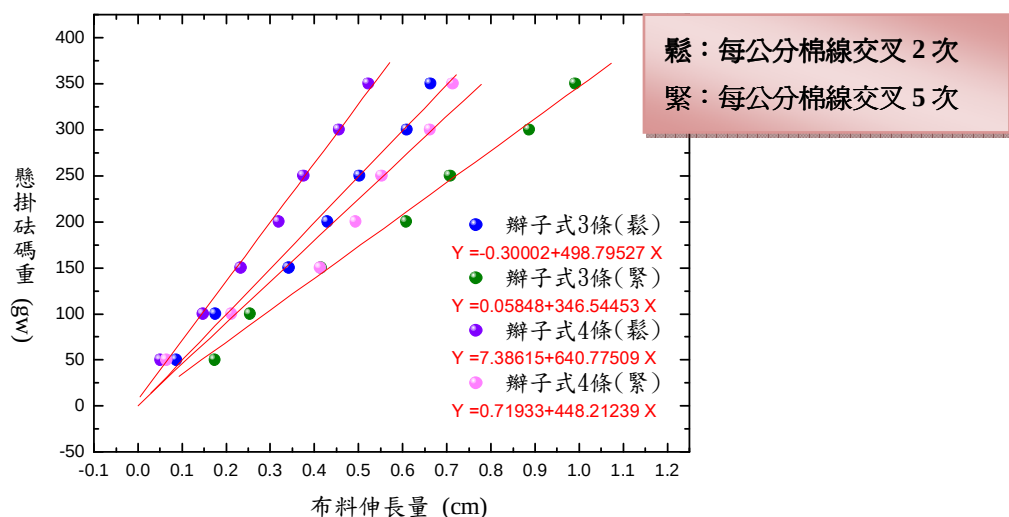
## 棉線驗證



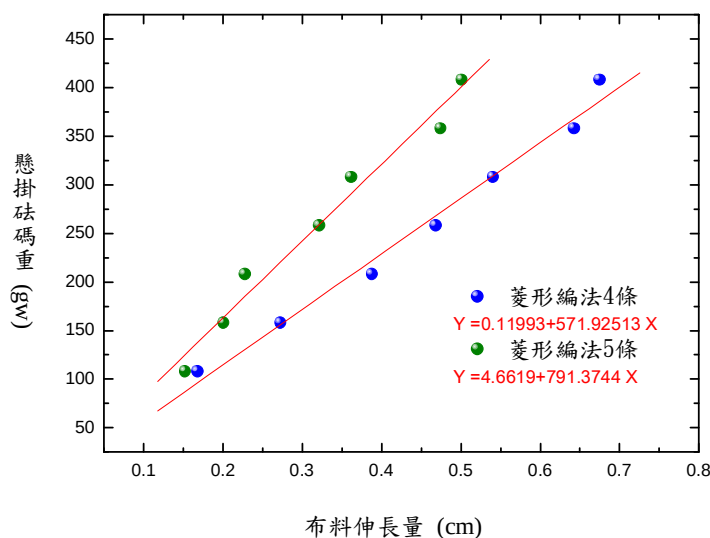
由圖 49 來看，棉線以平行的方式排列，去分析其彈性係數 k，可以發現到彈性係數之值與棉線數量的多寡成正比。



由圖 50 來看，棉線以 8 字的方式排列，隨著棉線的數量及旋轉圈數的增加，其彈性係數越來越大。



由圖 51 來看，棉線以瓣子式的編法，隨著棉線的數量增加及編織得密度越低，其彈性係數之值越來越大。



由圖 52 來看，棉線以菱形式的編法，隨著棉線的數量增加其其彈性係數之值越來越大。

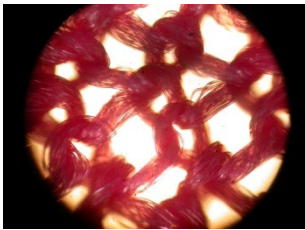
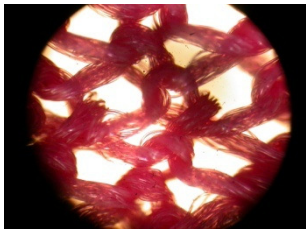
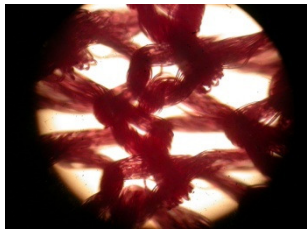
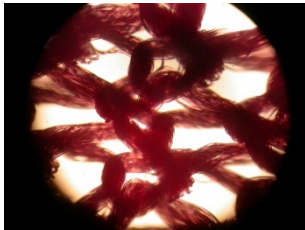
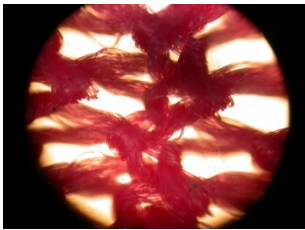
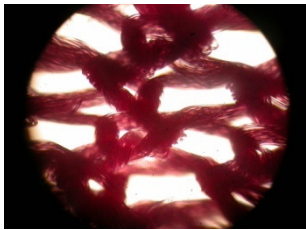
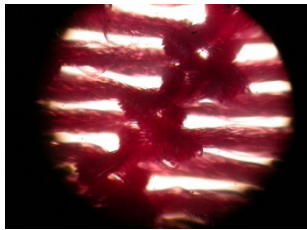
將前列實驗所量到各式編法(以棉線模擬)的彈性係數，整理成表 2。發現到以辮子方式編織的彈性最佳，而且編得越緊其彈性越好，其編織方式就如同白彈(Lycra)一般；而其次則是以菱形式的編法彈性較好，其編織方式就如同粉紅(T/R)一般。最差者為平行的編織法，布料彈性較差者，多半是一此類編織。並可由前面所求得各款布料的楊氏係數，然後再比較其結構圖就可以來加以驗證。

表 2 各種編織方式所測得的棉線之彈性係數

| 棉線數<br>彈性係數(gw/cm) | 1 條 | 2 條  | 3 條  | 4 條  | 5 條 |
|--------------------|-----|------|------|------|-----|
| 平行                 | 844 | 1572 | 2563 | 3346 |     |
| 8 字(轉 20 圈)        |     | 550  | 588  | 712  |     |
| 8 字(轉 30 圈)        |     | 579  | 706  | 790  |     |
| 辮子(鬆)              |     |      | 498  | 640  |     |
| 辮子(緊)              |     |      | 346  | 448  |     |
| 菱形式編法              |     |      |      | 571  | 791 |

### 實驗三：利用顯微鏡觀察布料受力後之變化

我們已經由實驗二得知，布料的彈性和其編織方式是有關聯的，因此本組更進一步使用顯微照相技術，拍攝白彈(Lycra)、粉紅(T/R)及藍黑(W/A)三種較易伸長的布料受力後的結構變化情形，進一步了解布料的彈性是如何受到編織方法的影響。

| 粉紅(T/R) 10*15                                                                       |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |
| 圖 53-1 拉力 20gw                                                                      | 圖 53-2 拉力 40gw                                                                      | 圖 53-3 拉力 60gw                                                                       | 圖 53-4 拉力 80gw                                                                        |
|  |  |  |                                                                                       |
| 圖 53-5 拉力 100gw                                                                     | 圖 53-6 拉力 120gw                                                                     | 圖 53-7 用力拉扯                                                                          |                                                                                       |

粉紅(T/R)受力後顯微照相圖。可以觀察到粉紅(T/R)隨著兩端拉力的改變其結構的變化情形，藉以明瞭其彈性來源多半來自本身結構得變化。

### 白彈(Lycra) 10\*15

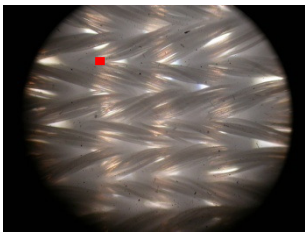


圖 54-1 拉力 20gw

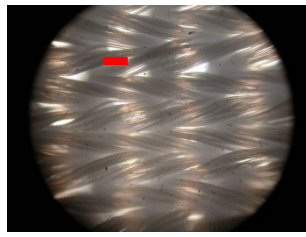


圖 54-2 拉力 40gw

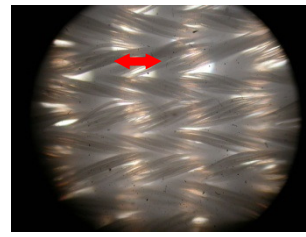


圖 54-3 拉力 60gw

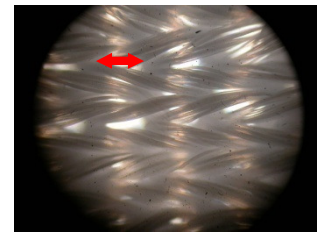


圖 54-4 拉力 80gw

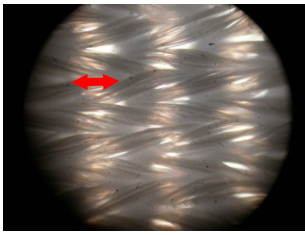


圖 54-5 拉力 100gw

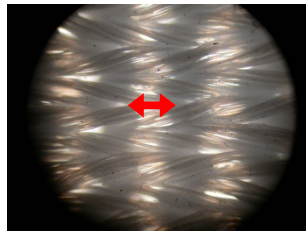


圖 54-6 拉力 120gw

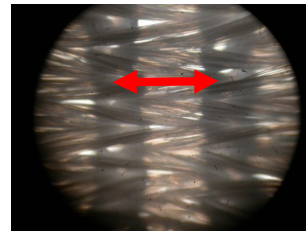


圖 54-7 用力拉扯

白彈(Lycra)受力後顯微照相圖。可以觀察到白彈(Lycra)隨著兩端拉力的改變其結構的變化情形，可以發現雖然布料的孔隙沒有多大的變化，但是布料的縱線間隔距離有隨拉力加大而變大(如上紅色箭頭所示)。

### 藍黑(W/A) 10\*10

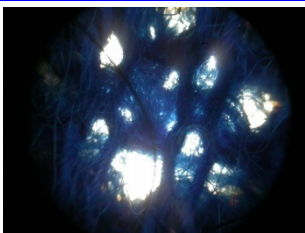


圖 55-1 拉力 20gw

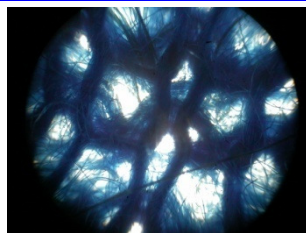


圖 55-2 拉力 40gw

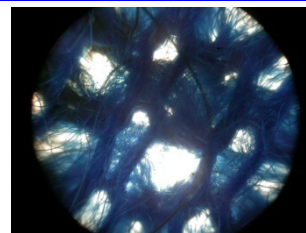


圖 55-3 拉力 60gw

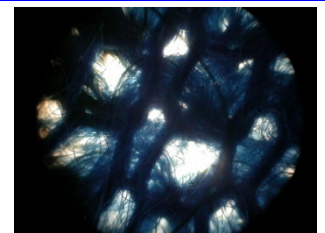


圖 55-4 拉力 80gw

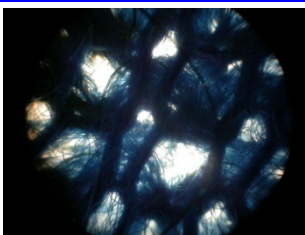


圖 55-5 拉力 100gw

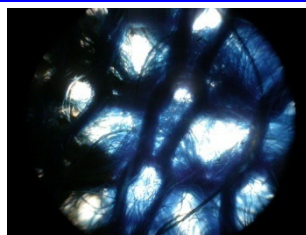


圖 55-6 拉力 120gw

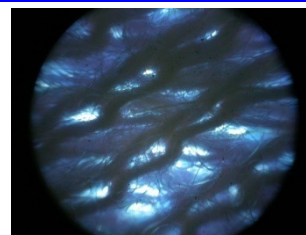


圖 55-7 用力拉扯

藍黑(W/A)受力後顯微照相圖。可以觀察到藍黑(W/A)隨著兩端拉力的改變其結構的變化情形，可以發現布料的孔隙會隨拉力變大而減小，因而造成布料的伸長。

## 陸、討論

一、系統誤差：降低『系統誤差』的方法，必須靠正確的分析誤差來源。

### (一) 減少儀器所造成的誤差：

- (1) 爲了減少布料在受力時，布料夾與布料有相對移動，因此在布料夾上打洞(如圖 56 所示)，因而產生鋸齒狀來增加布料夾的咬合力。經測試至少可以承受 3kgw 的拉力。
- (2) 考量實驗場地的水平，應此特別加裝水平儀(如圖 57 所示)，並且在底部加裝可微調式的底座(如圖 58 所示)。
- (3) 懸掛砝碼裝置(如圖 59 所示及說明)也經過特別處理，來增加系統的穩定度。
- (4) 雷射光發射連動裝置的轉軸也是特殊設計(如圖 60 所示及說明)，可以避免因雷射光發射連動裝置的旋轉使得轉軸偏轉，而造成實驗誤差。
- (5) 所有的接觸面都經過特殊處理(如圖 61、62 所示及說明)，避免因摩擦力造成系統誤差。



圖 56 布料夾打洞圖  
經由這樣處理，可使布料夾更加夾緊布料。

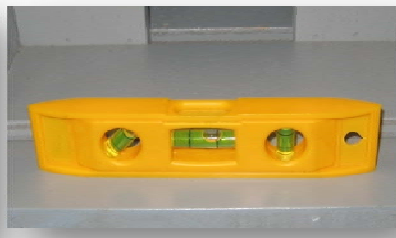
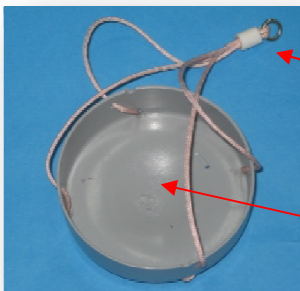


圖 57 水平儀  
可以用來確保實驗儀器是在水平狀態下進行實驗。



圖 58 水平微調裝置  
當系統不式在水平狀態時，可用此裝置維維調。



使用小掛環，可以減少實驗中的晃動。

中央加深，可以減少放砝碼時的晃動。

圖 59 懸掛砝碼裝置

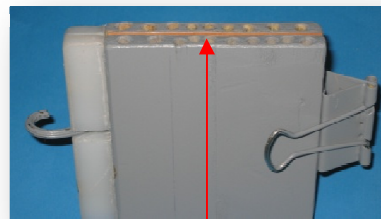


圖 61 接觸面一  
雖然用木頭來做儀器，但是在接觸面上會黏貼上平滑的貼紙，來減少接觸面的摩擦力。

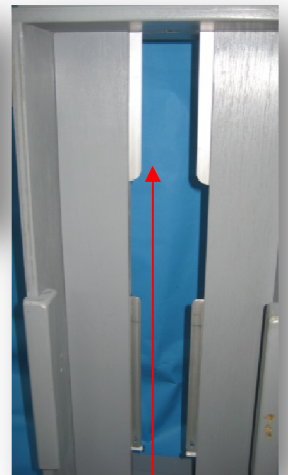


圖 62 接觸面二  
使用金屬材料來製作軌道，可以降低接觸面的摩擦力。



轉軸可以插入事先挖好的小洞加以固定。

圖 60 雷射光發射連動裝置的轉軸

(6) 在自製楊氏係數量測系統的部分，使用許多數學近似，故會造成誤差。我們參考許多書籍上及和老師討論，然後考量自身的儀器設計，推算出轉換公式如下：

$$\Delta X = (D \times R) / (L \times \tan \theta - D) \quad (\text{代號說明如下})$$

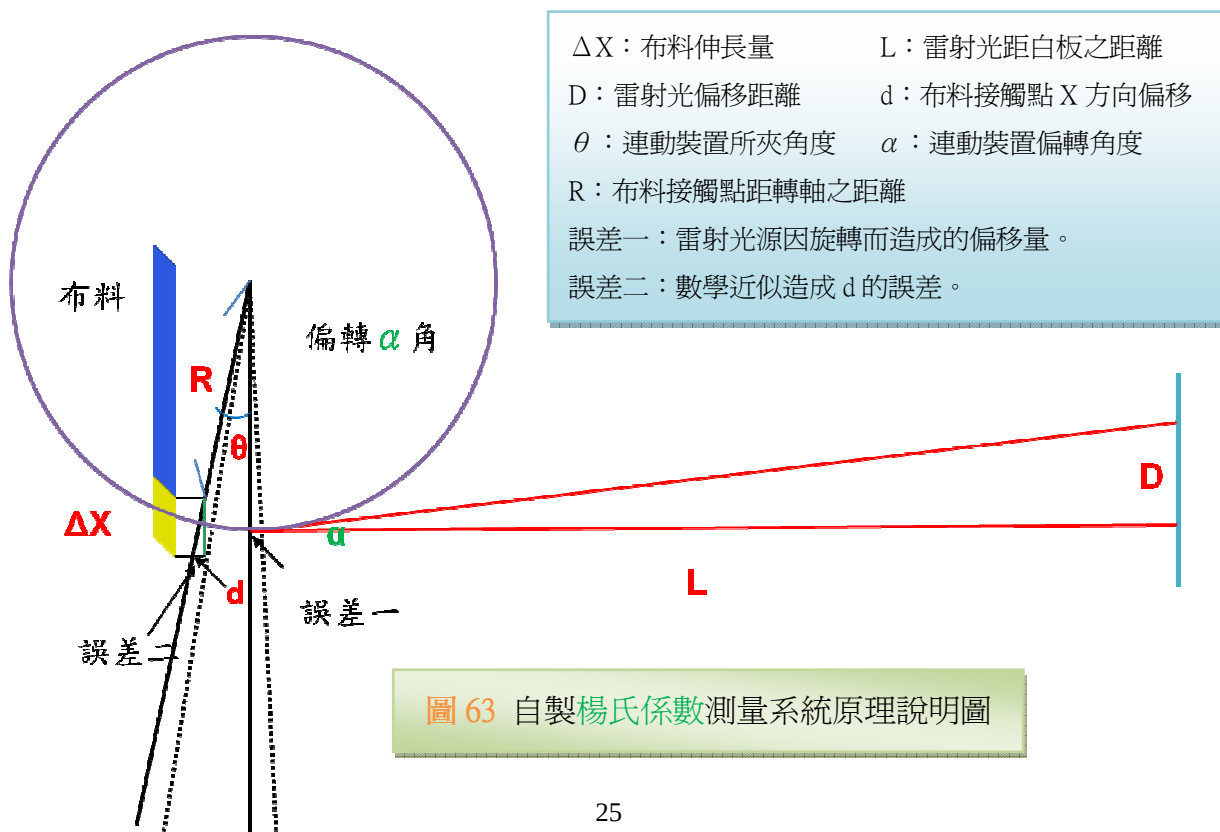
## (二) 環境及人為操作誤差：

- (1) 布料的彈性會受到溫度及濕度的影響，故做實驗時必須要特別注意周遭的環境變化，因此實驗的進行都特別在擁有中央空調的會議室進行，溫度控制約  $20^{\circ}\text{C} \sim 24^{\circ}\text{C}$  之間。此外，在進行實驗的前一天，會先於放學時去打開除濕機除濕，以控制每次實驗實環境的溼度是一致的。濕度大約控制在  $50\% \sim 55\%$  之間。
- (2) 在實驗操作技術上，一開始必須找到雷射的基準點，並做上記號。且在掛上砝碼後必須等約 1 分鐘，待平衡後再記錄數據。

## 二、自製楊氏係數量測系統之討論：

本組最先是使用第二代實驗裝置來測量布料受力的長度變化，但是發現到除了少數較具有彈性的布料外，其餘布料的伸長量無法準確量測(因為直尺的刻度只能量到 1mm)，因此我們朝兩個方向去努力，第一就是加大懸掛砝碼的重量，但是發現如果要將伸長量變大 50 倍，那麼所懸掛的砝碼可能要達到 5 公斤以上而不易實施。故我們必須自行設計一套可以量測到極小伸長量的系統。

本組利用簡單的光學及機械原理如圖 63 所示，當布料伸長  $\Delta X$  時，會造成連動裝置偏轉一個小角度  $\alpha$ ，因此會發射的雷射光偏移一個小距，我們可以輕易的量測到  $D$  的大小，然後再利用幾何計算求得  $\Delta X = (D \times R) / (L \times \tan \theta - D)$ 。



只要控制好  $R$ (轉軸到布料接觸點的距離)與  $L$ (雷射光源到投射的白板距離)的比值，就可以控制伸長量的放大倍率。本實驗  $R$  分為 2cm 與 4cm 兩種， $L$  為 410 cm， $\theta$  為  $20^\circ$ ，所以大約可以放大 50 倍，如果有必要可以加長  $L$  使放大倍率達 100 倍甚至更高。但是本裝置有一個先決條件，那就是偏轉的  $\alpha$  角不能太大，也就是布料伸長量太大就不適用。

### 三、各式布料楊氏係數討論：

- (一) 由實驗一所得各種布料懸掛砝碼重與布料的伸長量的關係圖來看，發現到彈性較佳的兩款布料粉紅(T/R)及藍黑(W/A)只在應變很小時才呈現線性關係，而其它的布料的圖形都比較線性。我們認為粉紅(T/R)及藍黑(W/A)這類布料的彈性有大部分是受本身的編法影響，因此在受力時，會使布料本身結構改變而增加伸長量，但是當結構變化達到極限時，再增加施力，就不易使布料伸長，故懸掛砝碼重與布料的伸長量的關係圖才會呈現非線性的情形。
- (二) 在各項的布料中，以含有彈性纖維 Lycra 較多的白彈(Lycra)、粉紅(N/R)及藍黑(W/A)的彈性較佳，其中由圖 31-1~圖 31-3 可以發現到白彈(Lycra)的懸掛砝碼重與布料的伸長量的關係圖是成線性的；且再由圖 48-1~48-3 得知白彈(Lycra)的彈性並非來自於結構變化，因此就白彈(Lycra)這款布料而言，其彈性是由本身材質所造成的。
- (三) 由表 3 可以發現，彩帶(N)的楊氏係數最大，彈性最差，因為其編織方法是以平行方式編織，且編織密度最高(如圖 18)，因此彈性最差。
- (四) 黑白格子(C)、白棉(C)、牛仔(C)三種布料的成分皆為棉纖維，但是其楊氏係數皆不相同，由圖 13、圖 19 及圖 20 可以發現到這三款布料的編織方法及密度皆不相同，其中以編織密度最密的白棉(C)彈性最差。

表 3 各式布料楊氏係數表

| 布料<br>(成分)                                | 藍黑<br>(W/A) | 白彈<br>(Lycra) | 粉紅<br>(T/R) | 咖啡<br>(T/C) | 棉麻布<br>(L) | 牛仔<br>(C) |
|-------------------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| 楊氏係數<br>( $\times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ ) | 0.306       | 0.443         | 0.352       | 9.69        | 13.1       | 20.5      |
| 布料<br>(成分)                                | 白棉<br>(C)   | 彩帶<br>(N)     | 絲<br>(N/TR) | 黑白格子<br>(C) | 綠<br>(T)   |           |
| 楊氏係數<br>( $\times 10^4 \text{ gw/cm}^2$ ) | 105         | 209           | 32.8        | 12.8        | 8.61       |           |

### 三、編織法對彈性影響的討論：

由實驗二的結果(如表 4)發現到，棉線以不同的方式編織對其彈性是具有相當的影響，也可以用來佐證上述討論中提到布料彈性會受到編法的影響。

#### (一) 棉線模擬

**平行編法**：受力直接在棉線上，編法無法增加布料彈性。

**8 字編法**：彈性係數較平行編法的值小，我們認為棉線受力拉伸時，棉線結構會由“∞”形拉伸成“—”字形，而增加伸長量，所以此編法所造成的彈性來源是編織結構發生變化所致。且編織的越密，彈性越差。

**辮子編法**：為最具有彈性的編法，彈性恢復力高，是類似白彈(Lycra)的編法，但是不像 8 字編法那樣，是因為編織結構改變而造成布料伸長。且編的越密彈性越佳。

**菱形編法**：由粉紅(T/R)顯微照相圖(圖 45 系列)發現，菱形編織法在受力後，其孔隙會由  轉變成 ，而造成布料伸長量增加。

表 4 各種編織方式所測得的棉線之彈性係數

| 棉線數<br>彈性係數(gw/cm) | 1 條 | 2 條  | 3 條  | 4 條  | 5 條 |
|--------------------|-----|------|------|------|-----|
| 平行                 | 844 | 1572 | 2563 | 3346 |     |
| 8 字(轉 20 圈)        |     | 550  | 588  | 712  |     |
| 8 字(轉 30 圈)        |     | 579  | 706  | 790  |     |
| 辮子(鬆)              |     |      | 498  | 640  |     |
| 辮子(緊)              |     |      | 346  | 448  |     |
| 菱形式編法              |     |      |      | 571  | 791 |

#### (二) 施力與布料條紋夾一個角度

由圖 47-1~47-3 的結果發現，施力與藍黑(W/A)條紋所夾的角度不同，會得到不同的楊氏係數，中以夾 45°角所得到的楊氏係數最小，彈性最佳。而由圖 45 去觀察，藍黑(W/A)的編織方式是比較接近方形的，若施力於對角線上就會有如同菱形編法的效果出來，而使得彈性變得比較好。

### 四、由顯微鏡觀察布料受力伸長的變化：

使用三種較易拉伸的布料，分別是白彈(Lycra)、粉紅(N/R)及藍黑(W/A)三種布料，利用顯微鏡觀察其受力後布料拉伸的情形，可以證實實驗一及實驗二所量到布料的楊氏係數及彈性係數是與編織的方式有關。

## 柒、結論

- 一、要測量布料的微小變化必須使用更先進的技術，本組利用光學放大技術，自行研發一套完整的楊氏係數量測系統(包含公式推算)，並盡可能去消除系統誤差，讓實驗精密度可以達到  $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{m}$ 。此系統可提供給要測量微小長度變化的人們一個技術上的參考。
- 二、研究發現在溫度  $20^{\circ}\text{C} \sim 24^{\circ}\text{C}$ ，溼度  $50 \sim 55\%$  的環境下，決定布料的彈性主因分成兩種：成份及編織方式，其中成份以含有彈性纖維較多的布料彈性較佳；而編織方法可以分成兩類，一類是以不同方式編織布料，其中以辮子的編法較具有彈性；另一種是以編織密度去分，織的越密，則布料的彈性越差。
- 三、布料的編法會造成在不同方向的施力，而產生不一樣的伸長量變化。以編法為方形為例，布料在對角線方向的彈性較佳(如圖 64 所示)，但若是圓形編法，布料彈性在各方向上就較一致(如圖 65 所示)。

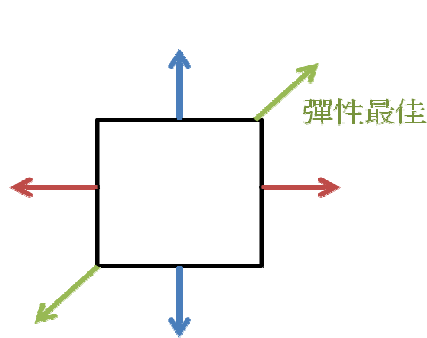


圖 64

在對角線上施力，結構變化較大，因此布料呈現的彈性較佳。

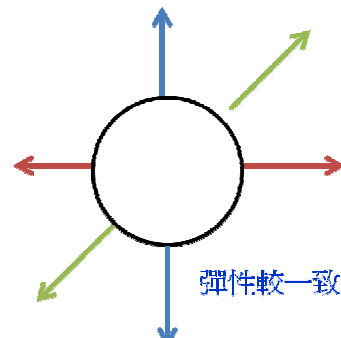


圖 65

施力各個方向，結構變化較一致，因此布料呈現的彈性也較一致。

- 四、布料的彈性是可以掌控的，藉由不同比例的彈性纖維以及編織方式來改變布料彈性，更甚者可以控制布料彈性的方向，這樣更方便去製作各種功能性的衣物，這些數據結果可以提供紡織業參考。

- 五、並非所有的布料皆符合虎克定律，但這並不是說虎克定律是錯的，而是當造成彈性的來源有兩種以上的因素時，則材料的彈性係數將會有複合的情形，就如同粉紅(N/R)及藍黑(W/A)的懸掛砝碼重與布料的伸長量的關係圖所呈現的情形。在懸掛較重的砝碼時，伸長量就沒有明顯變化。我們認為布料一開始的彈性是由本身結構變化所造成的，但是隨著施力的增加，結構所造成的影響達到極限，那麼彈性就改由布料本身材質影響，故圖形看起來就會有轉折的情形(如圖 66 所示)。

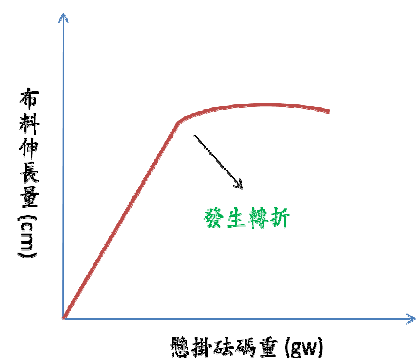


圖66

## 捌、參考資料

1. 許永綏 〈民 72〉。纖維化學。臺北市：徐氏基金會
2. 日本纖維機械學會纖維工學出版委員會編；丁亦平譯。纖維的形成結構及性能。臺北市：紡織工業出版社
3. Перепёлкин, К.Е；徐靜宜，韓淑君譯。纖維的結構與性能。臺北市：中國石化出版社
4. 康軒自然與生活科技(二上)。5-3 有機聚合物。臺北市：康軒出版社。
5. 康軒自然與生活科技(二下)。4-2 光的反射。臺北市：康軒出版社。
6. 第 47 屆彰化縣國中小科學展覽，國中組應用科學科，我的衣服會呼吸——探討布料的防水、防風及透氣性質。
7. P.Gibson, D.Rivin, C.Kendrick, H.S.Gibson (1999)。纖維物質對空氣穿透性的濕度依存性；Text.Res.J., 69 (5) 311。
8. G.C.Davies, D.M.Burce (1998)。環境濕度和脆化對亞麻以及苧麻纖維的抗拉特性之影響；Text.Res.J., 68 (9), 623。
9. 郭文龍，林明芳。多層複合機能性紡織品之溫濕度效應分析(The effect of temperature and humidity with multi-layers composite cloth)；<http://www.lib.tit.edu.tw/lib/scholar/2-guo.pdf>。

## 附錄

### 布料-成份說明

#### 彈性纖維 (Lycra)：

彈性纖維又稱萊卡 (LYCRA)，是杜邦公司獨家發明生產的一種人造彈力纖維，真正學名是 Spandex。那麼 Lycra 是什麼？我們可以將 Lycra 想像成一條橡皮筋，只是 Lycra 比橡膠所製成的橡皮筋有彈性多了：一般的橡膠能拉到原長的 5~6 倍，Lycra 則可以拉成 4~7 倍；橡膠的回復力有 97%，Lycra 拉伸後卻有 99% 的回復力，因為 Lycra 的強力和耐用性皆比一般橡膠好，所以常被運用在服飾上。Lycra 因其纖維特性無法單獨織於布料中，必需與其他纖維一起混用。觀察一下成衣的成分標、一般衣料 Lycra 含量不超過 12%。同時、也沒有 100% Lycra 的衣物。Lycra 被大量的應用在成衣的製造，這是因為含有 Lycra 成份的衣物，可以同時具備美麗的“外型”和人體所需要的“活動量”。

#### 聚酯纖維 (Polyester)：

是人造纖維的合成纖維；其主要的原料有對苯二甲酸或對苯二甲酸二甲酯，乙二醇。含有 85% 以上取代芳香族酸，包括不限定取代和對苯二甲酸鹽，和羥基苯甲酸鹽的酯之長鏈合成高分子所紡製成的纖維。表面光滑，有細亞麻布的手感。具有良好的彈性和耐用性，是最好的免燙纖維。

#### 尼龍 (Nylon)：

從化學的角度來看尼龍是一種縮合聚合物，其組成單位由醯胺連接，因此它有時也被稱為聚醯胺。尼龍是世界上第一種完全人造的纖維，其原材料是煤、水和空氣。從這些原材料中一般合成兩種基本化學物質，在大多數情況下六亞甲基二胺和己二酸。它們被混合在一起聚化形成尼龍。

#### 羊毛纖維 (Wool)：

柔軟而富有彈性，有天然形成的波浪形捲曲，可用於製造呢絨、絨線、毛毯、氈等生活和工業用紡織品。毛纖維的表面特性、捲曲和機械性質等，使羊毛製品有柔和的光澤、豐滿而富有彈性的手感以及良好的懸垂性。羊毛纖維的拉伸強度不高，但因變形大和彈性回復好而使織物耐用。

### 棉 (Cotton) :

棉纖維是由受精胚珠的表皮細胞經伸長、加厚而成的種子纖維，不同於一般的韌皮纖維。它的主要組成物質是纖維素。纖維素是天然高分子化合物，化學結構式為 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。棉纖維的強度高、抗皺性好、拉伸性則較差。

### 麻：

麻纖維有其他纖維難以比擬的優勢：具有良好的吸濕散濕與透氣的功能，傳熱導熱快、涼爽挺括、出汗不貼身、質地輕、強力大、防蟲防黴、靜電少、織物不易污染、色調柔和大方、粗獷、適宜人體皮膚的排泄和分泌。

### 壓克力纖維 (Acrylic fiber) :

晴綸，聚丙烯晴纖維，又稱壓克力纖維(Acrylic fiber)，乃合成纖維中仿羊毛觸感而研製出最成功的一種纖維，最像羊毛，但沒有羊毛的輕柔，常和羊毛混紡在一起。

### 嫞縈纖維 (Rayon Fiber)

嫞縈(RAYON)是將纖維素原料，如木屑、棉屑等溶解後，經由紡嘴噴出成形，成爲一種再生的纖維素等物質，也是最早拿來商業化生產的人造纖維。目前，嫞縈普遍地被運用在各種服飾上，但由於經過加工處理後的嫞縈會變得平滑而有光澤，所以常常被誤認爲是絲。

## 【評語】 030116

優點:

1. 實用性佳，團隊合作密切。
2. 除量測實際布料之特性外，亦依各布料之編織法，以繩子設計等效編織帶來模擬不同編織法之影響。
3. 將布料特性及編織法之影響做一完整之分析。

缺點:

1. 各因素之影響均未脫離已知之範圍。
2. 未能提出更新或改良的建議。